Projet dans le cadre du Graduate Program CODS
2026-2027

Radar FMCW étendu à la technologie MIMO : étude de formes d'ondes et analyse expérimentale

Proposé par :
Florence Nadal (florence.nadal@esiee.fr)
Benoit Poussot (benoit.poussot@univ-eiffel.fr)
Shermila Mostarshedi (shermila.mostarshedi@univ-eiffel.fr)

Contexte :

Un radar MIMO (Multiple Input Multiple Output) est une architecture radar qui utilise un réseau de multiples antennes émettrices et réceptrices, dans lequel les formes d'ondes émises peuvent être indépendantes (Figure 1). Par rapport à un radar à réseau phasé, le radar MIMO offre des degrés de liberté supplémentaires permettant d'améliorer la résolution angulaire et l'estimation des paramètres des cibles. En réception, une focalisation du faisceau dans une ou plusieurs directions est possible dans le but de maximiser la probabilité de détection ou le rapport signal sur bruit, l'amélioration des performances est notamment possible en utilisant le principe du réseau virtuel dont les dimensions sont supérieures à celles du réseau physique. En émission, la technique MIMO offre également la possibilité de synthétiser le diagramme de rayonnement désiré par une définition judicieuse des formes d'ondes émises [1].

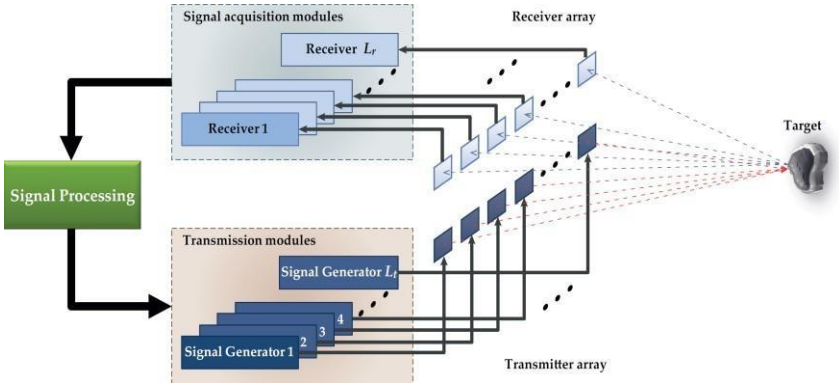

Figure 1 : *radar MIMO à antennes colocalisées.*

Pour le monitoring des personnes, les radars utilisent essentiellement les techniques FMCW [2] ou UWB [3]. Dans ce contexte de surveillance, peu de travaux explorent l'utilisation du MIMO associées aux techniques existantes. Dans [4], l'étude porte sur la création de formes d'onde orthogonales pour un radar MIMO FMCW. [5] propose une nouvelle méthode d'estimation itérative des paramètres des cibles adaptées au radar MIMO FMCW. Les performances sont évaluées en simulation. Dans [6] l'algorithme CFAR (*Constant False Alarm Rate*) est modifié et utilisé dans un contexte MIMO FMCW. En se basant sur la corrélation des signaux reçus aux niveaux des pics de détection, il est possible de limiter les erreurs de détection (*false alarm*) en dissociant les *clutters* ou les multi trajets des cibles physiques. Des expérimentations menées autour de 77GHz, montrent l'efficacité de la méthode proposée.

Objectifs :

Dans ce projet nous proposons d'étudier le potentiel et les bénéfices de la technologie MIMO pour la localisation de personnes en environnement complexe. Cette étude inclut la localisation, mais également une classification de la posture associée à la détection des signes vitaux. Il s'agira notamment d'estimer conjointement la position (distance par rapport au radar /angle d'arrivée) et la mobilité d'une personne.

Lors de la première phase du projet en 2023-2024 [7], [8], nous avons mené un travail de recherche bibliographique sur le radar FMCW et sur la technologie MIMO. Nous avons également développé un simulateur radar MIMO FMCW à diversité temporelle pour reproduire les résultats de [9]. Des mesures préliminaires au laboratoire ont été réalisées pour détecter des cibles canoniques stationnaires et mobiles.

Pour cette nouvelle phase du projet, nous proposons de poursuivre les recherches sur les aspects théoriques et pratiques. Le travail s'organisera autour des points suivants :

- Travail de recherche bibliographique sur les formes d'ondes associées au radar MIMO FMCW. L'objectif sera d'améliorer la conception des formes d'ondes émises, l'estimation des paramètres de détection, et la robustesse de ces estimations en environnement perturbé.
- Etude de la faisabilité et des limites de la réalisation d'un radar FMCW à partir d'un analyseur de réseau vectoriel et des mesures de paramètres [S].
- Campagnes de mesure à l'aide du banc radar MIMO développé au laboratoire ESYCOM pour valider les algorithmes de traitement développés à partir des résultats empiriques.

Références :

[1] F. C. Robey, S. Coutts, D. Weikle, J. C. McHarg & K. Cuomo, "MIMO Radar Theory and Experimental Results," in Conference Record of the Thirty-Eighth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, vol. 1, pp. 300-304, 2004.

[2] C. Will, P. Vaishnav, A. Chakraborty & A. Santra, "Human target detection, tracking, and classification using 24-GHz FMCW radar," *IEEE Sensors Journal*, vol. 19, no. 17, pp. 7283-7299, 2019.

[3] S. Chang, N. Mitsumoto, & J. W. Burdick, "An algorithm for UWB radar-based human detection," in IEEE Radar Conference, pp.1-6, 2009.

[4] J. J. M. De Wit, W. L. Van Rossum & A. K. De Jong, "Orthogonal waveforms for FMCW MIMO radar," in IEEE National Conference on Radar, pp. 686-691, 2011.

[5] Y. Jiang, X. Lan, J. Shi, Z. Han & X. Wang, "Multi-Target Parameter Estimation of the FMCW-MIMO Radar Based on the Pseudo-Noise Resampling Method," Sensors, vol. 22, no. 24, p. 9706, 2022.

[6] K. Endo, T. Ishikawa, K. Yamamoto & T. Ohtsuki, "Multi-Person Position Estimation Based on Correlation Between Received Signals Using MIMO FMCW Radar," IEEE Access, vol. 11, pp. 26102620, 2023.

[7] Ahmed Ghecham, "Radar MIMO FMCW appliqué à la localisation de personnes en environnement complexe," Rapport du stage de M2, Laboratoire ESYCOM, 2024.

[8] P. S. Diao, T. Alves, S. Azarian, S. Mostarshedi & B. Poussot, "Investigation of a 3D MIMO TDM FMCW Radar," 2024 International Radar Conference (RADAR), Rennes, France, 2024, pp. 1-6.

[9] X. Li, X. Wang, Q. Yang & S. Fu, "Signal Processing for TDM MIMO FMCW Millimeter-Wave Radar Sensors," IEEE Access, vol. 9, pp. 167959–167971, 2021.